

Zoi N.V., Zorin V.B. 10 Stage LTD for E – beam diode // Proc. of the 13-th QEE QNT. Pulsed Power Conf. USA. – 2002. – P. 1488-1490. 4. *Sinserny P.S., S.K. Lam, Richard Miller, Terry Tucker, Lurry Sunders* // Proc of the 14th IEEE International pulsed power conference. Dallas, Texas USA. – 2003. – P. 615-618. 5. *Бойко Н.И., Евдошенко Л.И., Покладов О.В., Рудаков В.В., Тур А.Н.* Длительная электрическая прочность полиэтиленовой слоистой изоляции при воздействии импульсов наносекундной длительности // Вісник НТУ«ХП». Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Електроенергетика і перетворююча техніка. – Харків: НТУ«ХП». – 2003. – № 1, т. 1. – С. 142-147. 6. *Ушаков В.Я.* Электрическое старение и ресурс монолитной полимерной изоляции. – М., Энергоиздат, 1988. – 152 с. 7. *Рудаков В.В., Покладов О.В., Кравченко Ю.В.* Расчет электрического поля системы плоских электродов с твердым диэлектриком // Електротехніка і електро-механіка. – 2006. – № 4. – С. 72-75. 8. *Н.И. Бойко, А.В. Борцов, Л.С. Евдошенко, и др.* Низкоиндуктивная секция генератора мощных высоковольтных импульсов по схеме Фитча // Приборы и техника эксперимента. – М., 2005. – № 4. – С. 57-65.

*Поступила в редакцию 12.03.2009.*

УДК 621.317.3

**Б.Н.ЛАНТУШКО**, НТУ «ХПИ»;

**Ю.С.НЕМЧЕНКО**, НТУ «ХПИ»;

**А.И.САРАЕВ**, НТУ «ХПИ»

### **УСТРОЙСТВО СВЯЗИ – РАЗВЯЗКИ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ НА УСТОЙЧИВОСТЬ К ВОЗДЕЙСТВИЮ МИКРОСЕКУНДНЫХ ИМПУЛЬСНЫХ ПОМЕХ ПРИ ИХ ПОДАЧЕ В СОЕДИНИТЕЛЬНЫЕ ЛИНИИ**

Розглянуто питання практичної реалізації пристрою зв'язку - розв'язки для проведення випробувань технічних засобів на стійкість до мікросекундних імпульсних завад при подачі їх як у симетричні, так і в несиметричні неекрановані лінії зв'язку. Експериментально доведена відповідність технічних характеристик пристрою УЗР-МП (НЕЛЗ) вимогам міжнародного стандарту – IEC 61000-4-5:1995.

The question of practical realization of a coupling/decoupling network for testing the technical facilities on voltage and current surge immunity in symmetrical and in unsymmetrical unshielded intercommunication lines is considered. Specifications of a coupling/decoupling network satisfy the requirements of the international standard IEC 61000-4-5:2005 are proved experimentally.

**Введение.** В настоящее время обязательным видом испытаний электро-технических, электронных и радиоэлектронных изделий и оборудования (далее в тексте технических средств (ТС)) являются испытания на устойчивость к воздействию микросекундных импульсных помех большой энергии (МИП), возникающих в результате коммутационных переходных процессов и молниевых разрядов.

Данный вид испытаний регламентируется следующими нормативными

документами:

- ИЕС 61000-4-5:2005;
- ГОСТ 30804.4.5-2002 (МЭК 61000-4.5:1995).

В состав испытательного оборудования, необходимого для проведения испытаний входят:

- комбинированные испытательные генераторы (ИГ);
- устройства связи – развязки (УСР).

Испытаниям на воздействие МИП подвергаются как цепи питания ТС, так и соединительные линии (линии связи).

В данной статье описывается устройство связи – развязки, разработанное и изготовленное в сотрудничестве Научно – исследовательского и проектно – конструкторского института «Молния» НТУ «ХПИ» и ООО «Терра – АВТ», предназначенное для ввода МИП в линии связи.

**Цель разработки.** Исходными данными для проектирования УСР были выбраны требования ИЕС 61000-4-5:2005, а именно примеры испытательных установок с использованием различных методов связи (рис. 12 – рис. 14 ИЕС). Одновременно с этим преследовалась цель объединить в одной конструкции схемы подачи МИП как в симметричные, так и несимметричные неэкранированные линии связи. При разработке УСР учитывалось, что УСР не должно оказывать существенного влияния на параметры ИГ, а также на функционирование ТС.

**Конструкция УСР.** Разработанное устройство связи – развязки УСР–МИП (НЭЛС) предназначено для ввода микросекундных импульсных помех от испытательного генератора КИГ-МИП-6 в соединительные линии ТС:

- неэкранированные несимметричные линии;
- неэкранированные симметричные линии.

Общий вид устройства связи – развязки УСР-МИП (НЭЛС) приведен на рис. 1.



Рисунок 1 – Общий вид устройства связи – развязки УСР–МИП (НЭЛС)

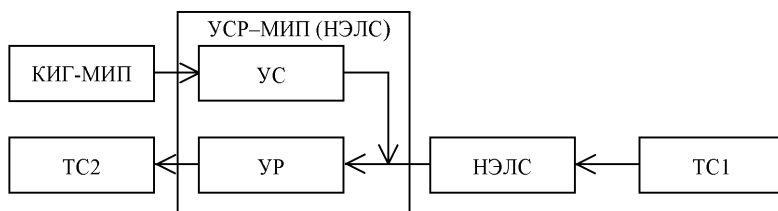
Основные технические характеристики УСР-МИП (НЭЛС) приведены в таблице.

Основные характеристики УСР-МИП (НЭЛС)

Наименование характеристики	Размерность	Значение
1 Виды испытываемых линий связи		четырёхпроводная несимметричная неэкранированная; двойная симметричная неэкранированная
2 Виды нагружения ТС		«провод – провод»/ «провод – земля»
3 Время готовности УСР МИП к работе, не более	мин	5
4 Продолжительность непрерывной работы	час	8
5 Габаритные размеры	мм	480 x 500 x 180
6 Масса	кг	20

УСР-МИП (НЭЛС) предназначено для ввода испытательных импульсов напряжения и тока микросекундных импульсных помех от КИГ-МИП в неэкранированные несимметричные линии связи – НЭЛС-Н или одновременно в две симметричные неэкранированные линии связи – НЭЛС-С.

Структурная схема использования УСР-МИП (НЭЛС) показана на рис. 2.



КИГ-МИП – комбинированный испытательный генератор микросекундных импульсных помех; УС – устройство связи; УР – устройство развязки; ТС1 – испытываемое техническое средство; ТС2 – не испытываемое техническое средство (вспомогательное оборудование)

Рисунок 2 – Структурная схема использования УСР-МИП (НЭЛС)

На передней панели УСР-МИП (НЭЛС), см. рис. 1, расположены следующие органы управления и элементы подсоединения:

- переключатель ЛИНИИ служит для перевода УСР-МИП (НЭЛС) в режимы испытания линий связи: симметричных – положение СИММ

- или несимметричных – положение **НЕСИММ**;
- два переключателя с общим названием **ВЫБОР ЛИНИИ** служат для испытания линий связи то ли по методу «линия-земля», то ли «линия-линия»;
- разъемы (К КИГ-МИП) служат для подключения УСР-МИП (НЭЛС) к генератору КИГ-МИП-6.

На задней панели УСР-МИП (НЭЛС), см. рис. 3, расположены:

- разъем **ВВОД ЛИНИЙ СВЯЗИ** служит для подключения вспомогательного оборудования;
- разъем «к ТС (СИММЕТРИЧНЫЕ ЛИНИИ)» служит для подключения симметричных линий связи;
- разъем «к ТС (НЕСИММЕТРИЧНЫЕ ЛИНИИ)» служит для подключения несимметричных линий связи;
- клемма **ЗЕМЛЯ**.

Схема электрическая принципиальная УСР-МИП (НЭЛС) приведена на рис. 4.

Схема расположения элементов внутри корпуса показана на рис. 5.

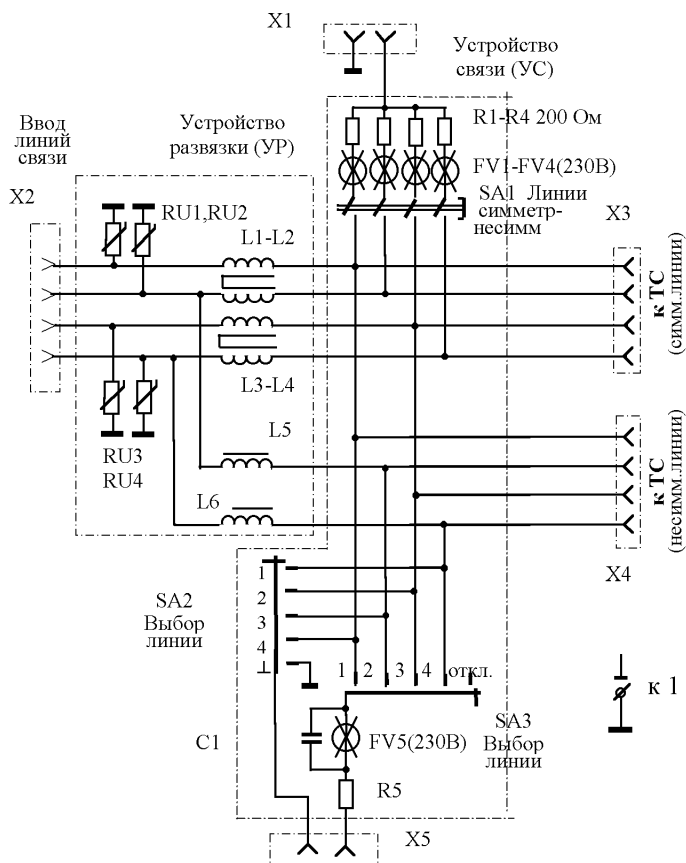


Рисунок 3 – Задняя панель УСР-МИП (НЭЛС)

Конденсатор связи (C1) – это конденсатор типа ПКГГ-П (0,5 мкФ х 3 кВ). Резистор связи R5 типа ТВО-5-39. Резисторы связи R1 – R4 типа ТВО-5-200, а разрядники FV1 – FV5 – разрядники типа SIEMENS 230-97. Индуктивности устройства развязки намотаны на сердечниках от трансформаторов ТС-250-2М проводом марки МГШВ-0,35 и имеют величину 20 мГн каждая. Варисторы устройства развязки (RU1 – RU4) типа FNR 20 к-181. Переключатель **ЛИНИИ** типа ПР15-4-5, а переключатели **ВЫБОР ЛИНИИ** типа ПР15-1-18. Разъемы «к КИГ-МИП-6» типа СЕЕ-413, а пятиштырьковые разъемы для подключения к линиям связи типа СЕЕ-415.

### **Работа УСР – МИП (НЭЛС).**

Работа УСР-МИП (НЭЛС) в режиме нагружения несимметричных неэкранированных линий связи

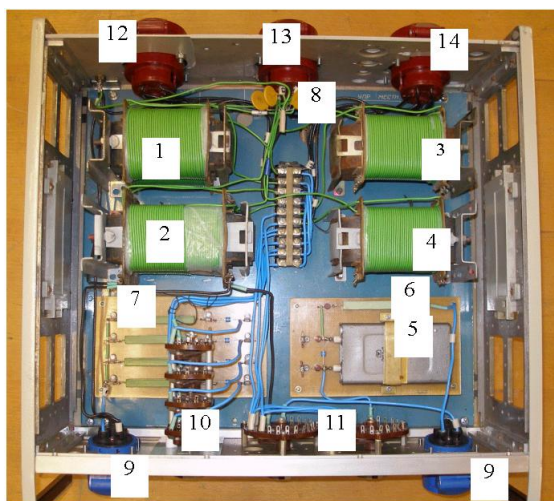


к КИГ-МИП-6 (к несимм.линиям)

Рисунок 4 – Схема электрическая принципиальная устройства связи-развязки УСР-МИП (НЭЛС)

Через высоковольтный разъем X5 выходной импульс напряжения с генератора КИГ-МИП поступает на вход устройства связи, состоящего из конденсатора  $C1=0,5$  мкФ, шунтируемого разрядником FV5, и резистора  $R5 = 39$  Ом. Этот импульс после устройства связи через переключатели SA2 и SA3 ВЫБОР ЛИНИИ поступает на несимметричную линию связи, подключаемую к разъему X4 (в этом случае переключатель SA1 ЛИНИИ в положении НЕСИММ). В зависимости от положения этих переключателей испытания проходят или по схеме «провод-земля» или по схеме «провод-провод».

Для защиты вспомогательного оборудования (ТС2) от испытательного импульса служит устройство развязки на индуктивностях L1, L3, L5, L6, а также резисторы RU1 – RU4.



- 1 – L1 – L2 – индуктивности развязки;
- 2 – L3 – L4 – индуктивности развязки;
- 3 – L5 – индуктивность развязки;
- 4 – L6 – индуктивность развязки;
- 5 – C1 – конденсатор связи;
- 6 – R5 – резистор связи;
- 7 – R1 – R4 – резисторы связи;
- 8 – RU1 – RU4 – варисторы;
- 9 – разъемы «к КИГ-МИП-6»;
- 10 – переключатель «ЛИНИИ»;
- 11 – переключатель «ВЫБОР ЛИНИИ»;
- 12 – разъем «к ТС (СИММЕТРИЧНЫЕ ЛИНИИ)»
- 13 – разъем «ВВОД ЛИНИЙ СВЯЗИ»;
- 14 – разъем «к ТС (НЕСИММЕТРИЧНЫЕ ЛИНИИ)»

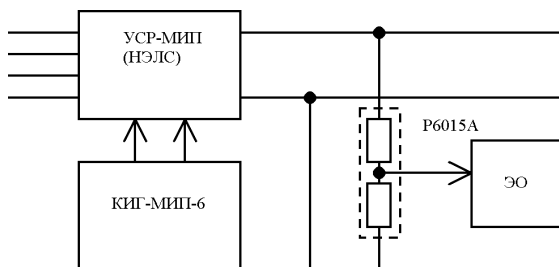
Рисунок 5 – Расположение элементов внутри корпуса УСР-МИП (НЭЛС)

Работа УСР-МИП (НЭЛС) в режиме нагружения симметричных неэкранированных линий связи

Через высоковольтный разъем X1 выходной импульс напряжения с генератора КИГ-МИП поступает на вход устройства связи, состоящего из разрядников FV1 – FV4 и резисторов R1 – R4 по 200 Ом каждый. Этот импульс после устройства связи через переключатель SA1 ЛИНИИ в положении СИММ поступает на симметричную линию связи. Испытания проходят по схеме «провод-земля» по всем проводам симметричных неэкранированных линий связи одновременно.

Для защиты вспомогательного оборудования (ТС2) от испытательного импульса служит устройство развязки на индуктивностях L1 – L4, а также варисторы RU1 – RU4.

Экспериментальная проверка характеристик УСР – МИП (НЭЛС) проводилась в соответствии со схемами, приведенными на рис. 6 и 7.



P6015A – высоковольтный пробник TEXTRONIX P6015A;

ЭО – осциллограф ТЕКТРОНИХ TDS 2024В

Рисунок 6 – Схема проверки характеристик УСР-МИП (НЭЛС) при подаче МИП в неэкранированные симметричные линии и в неэкранированные несимметричные линии по схеме провод - провод

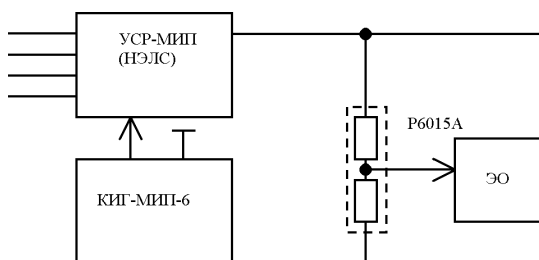
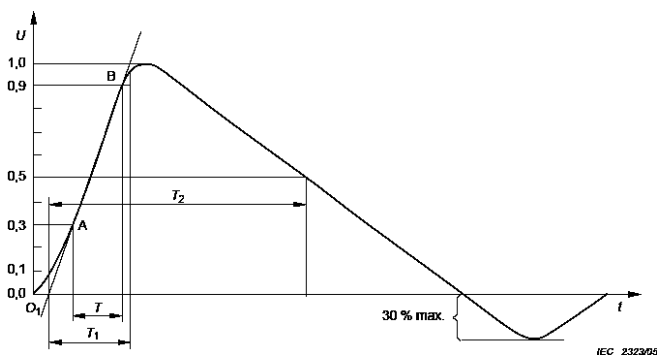


Рисунок 7 – Схема проверки характеристик УСР-МИП (НЭЛС) при подаче МИП в неэкранированные несимметричные линии по схеме провод – земля



Длительность фронта:  $T_1 = 1,67 \times T = 1,2 \text{ мкс} \pm 0,36 \text{ мкс}$

Длительность импульса:  $T_2 = 50 \text{ мкс} \pm 10 \text{ мкс}$ .

Рисунок 8 – Форма напряжения на выходе КИГ-МИП в режиме холостого хода

Форма напряжения на выходе генератора КИГ-МИП без подключения устройства связи – развязки УСР-МИП (НЭЛС) приведена на рис. 8.

Типичные осциллограммы импульсов напряжения на ненагруженном выходе испытательного генератора КИГ-МИП-6 приведены на рис. 9 и 10.

Типичные осциллограммы импульсов МИП на выходе УСР-МИП (НЭЛС) при подаче их в линии:

- несимметричные по схеме провод – провод (см. рис. 11 и 12) при амплитуде МИП от КИГ- МИП 2 кВ;
- несимметричные по схеме провод –земля (см. рис. 13 и 14);
- симметричные линии (см. рис. 15 и 16).

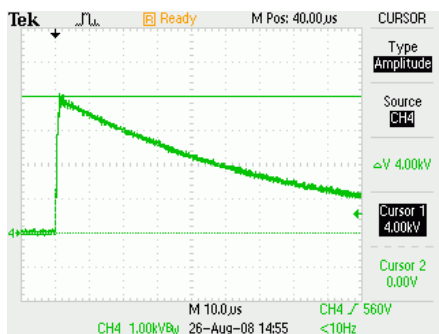


Рисунок 9 – Импульс напряжения положительной полярности  $A = +4$  кВ на ненагруженном выходе испытательного генератора

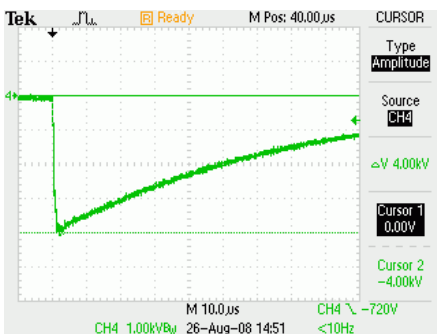


Рисунок 10 – Импульс напряжения отрицательной полярности  $A = -4$  кВ на ненагруженном выходе испытательного генератора

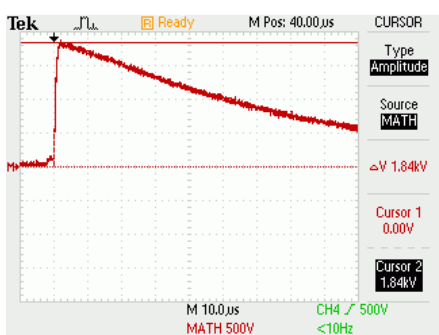


Рисунок 11 – Импульс МИП положительной полярности на выходе УСР-МИП (НЭЛС) при подаче в несимметричные линии по схеме провод-провод  $A = +1,84$  кВ.

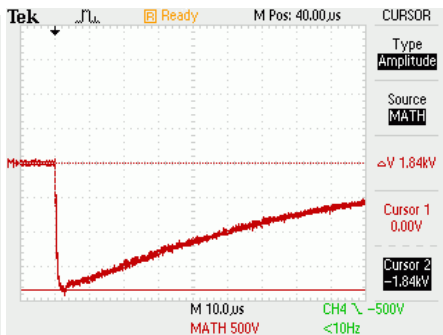


Рисунок 12 – Импульс МИП отрицательной полярности на выходе УСР-МИП (НЭЛС) при подаче в несимметричные линии по схеме провод-провод  $A = -1,84$  кВ.



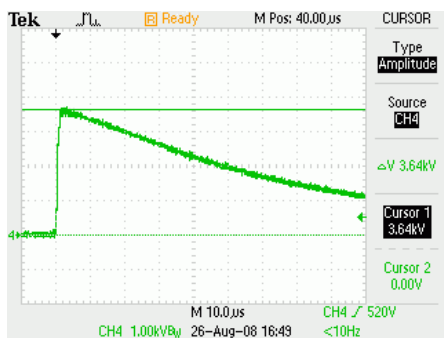


Рисунок 13 – Импульс МИП положительной полярности на выходе УСР–МИП (НЭЛС) при подаче в несимметричные линии по схеме провод-земля.  $A = +3,64$  кВ.

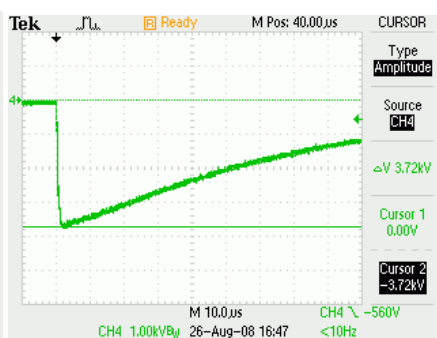


Рисунок 14 – Импульс МИП отрицательной полярности на выходе УСР–МИП (НЭЛС) при подаче в несимметричные линии по схеме провод-земля.  $A = -3,72$  кВ.

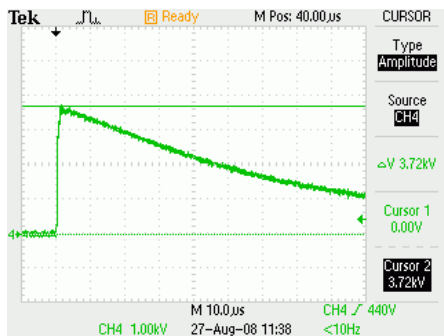


Рисунок 15 – Импульс МИП положительной полярности на выходе УСР–МИП (НЭЛС) при подаче в симметричные линии.  $A = +3,72$  кВ.

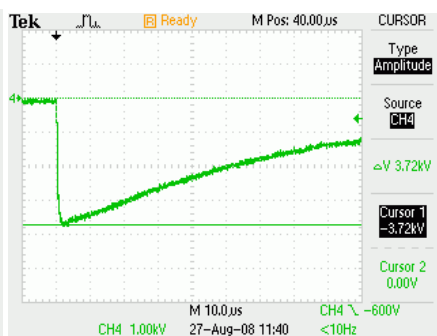


Рисунок 16 – Импульс МИП отрицательной полярности на выходе УСР–МИП (НЭЛС) при подаче в симметричные линии.  $A = -3,72$  кВ.

**Выводы:** Устройство связи – развязки УСР–МИП (НЭЛС) соответствует требованиям IEC 61000-4-5:2005 и успешно применяется в Центре сертификационных испытаний НИПКИ «Молния» НТУ «ХПИ» для проведения испытаний технических средств на электромагнитную совместимость.

**Список литературы** 1. Технічний Регламент України з підтвердження відповідності електромагнітної сумісності. 2. IEC 61000-4-5:2005 INTERNATIONAL STANDART. Electromagnetic compatibility (EMC). Part 4-5: Testing and measurement techniques – Surge immunity test. 3. ГОСТ 30804.4.5-2002 (МЭК 61000-4.5:1995) Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к микросекундным импульсным помехам большой энергии. Требования и методы испытаний. 4. КУ-МИП-6-000.000.000. Комбинированная установка для испытаний технических средств на устойчивость к микросекундным импульсным помехам большой энергии КУ-МИП-6.

*Поступила в редакцию 03.04.2009.*